

Digitale Katalogisierung – interdisziplinär und innovativ

Strukturierte Datenintegration von Vermessungs- und Bestandsdaten als Schlüssel zur Qualitätssteigerung in Planungsprozessen von Infrastrukturprojekten

FELIX EICKELER | ANDREAS SCHÖNFELDER

In der Schieneninfrastruktur gilt es, den Bestand bestmöglich zu erhalten und bei Bedarf in Umbaumaßnahmen zu integrieren. Als Entscheidungs- wie auch als Planungsgrundlage müssen die oft veralteten Dokumente sorgfältig verifiziert werden. Wo in herkömmlichen Projekten Detailpunkte mittels Totalstation (elektronischer Tachymeter) aufgezeichnet und in Pläne übertragen werden, greift man in größeren, progressiveren Projekten zunehmend auf Fernerkundung oder gleisgebundene Systeme zurück. Eine Punktwolke ist jedoch keine direkt verwendbare Planungsgrundlage. Wichtige Bereiche müssen virtuell aufgemessen werden – eine Aufgabe, die bei der herkömmlichen Vermessung implizit war. Dieses virtuelle Aufmaß bietet zahlreiche Chancen, birgt aber auch Gefahren. Ungesehen ist ein neuer Wirkungsbereich entstanden, jener der digitalen Katalogisierung.

Ausgangslage

Zu Beginn jeder Maßnahme werden sämtliche Bestandsinformationen systematisch gesam-

melt und gesichtet. In großen Projekten, wie z.B. dem Hochleistungskorridor „Riedbahn“, bedeutet dies, dass über 40 000 Pläne, Datenblätter, Entschiede, Gutachten und andere Dateien gesichtet werden müssen. Die Informationen sind gewerk- und fachspezifisch, weshalb entsprechende Spezialisten für deren Bewertung notwendig sind. Angesichts der stetig wachsenden und mittlerweile kaum noch durchsuchbaren Menge von Bestands- und neu erfassten Geo- und Vermessungsdaten sind in Großprojekten eine klar definierte Strategie und richtige Werkzeuge zur effizienten Bearbeitung nötig [1]. Drei Gründe machen die Systematisierung in neuen Projekten besonders akut:

1. flächendeckende Aufnahmeverfahren mittels Bildern und Punktwolken sind verfügbar.
2. Maßnahmen werden vermehrt gebündelt, und eine großräumige Aufnahme wird beauftragt.
3. Projekte sind vermehrt zeitkritisch und müssen effektiver umgesetzt werden.

Vergleichbare Herausforderungen wurden im Zuge der Digitalisierung verschiedener Bereiche der Infrastruktur bereits erfüllt oder befinden sich in der Umsetzung und können als Referenz dienen. Ein prominentes Beispiel aus

der Infrastrukturplanung ist Building Information Modeling (BIM), welches die Planung objektfiziert und Informationen auch abseits der Pläne beschreibt. Mittels BIM ist es möglich, Qualität zu prüfen und Prozesse sowie Kosten digital zu beschreiben.

Das Pendant aus der Vermessung und Geoinformatik sind Geografische Informationssysteme (GIS), die auch im modernen Infrastrukturmanagement eingesetzt werden. Vergleichbar mit BIM, werden hier Informationen in verschiedenen „Records“ zusammengefasst. Dabei beschreibt ein solcher „Record“ nicht zwangsweise ein Objekt, sondern eine raumbezogene kohärente Information. Im Unterschied zu BIM werden Informationen meist in Datenbanken gespeichert und in 2D visualisiert. Beide Digitalisierungsbestrebungen haben klare Gemeinsamkeiten: Sie definieren neue Aufgabengebiete und Rollen und haben ihre eigenen dedizierten Werkzeuge, um sie effektiv zu machen.

Welche Werkzeuge, Prozesse und Rollen sind nötig, um flächendeckende Vermessungsdaten mit maximaler Effektivität in der Planung (BIM, GIS) und dem Streckenmanagement (GIS) nutzen zu können? Ausgehend von den neuen Fähigkeiten, die in den Zielsystemen abgebildet werden sollen (Anwendungsfälle),

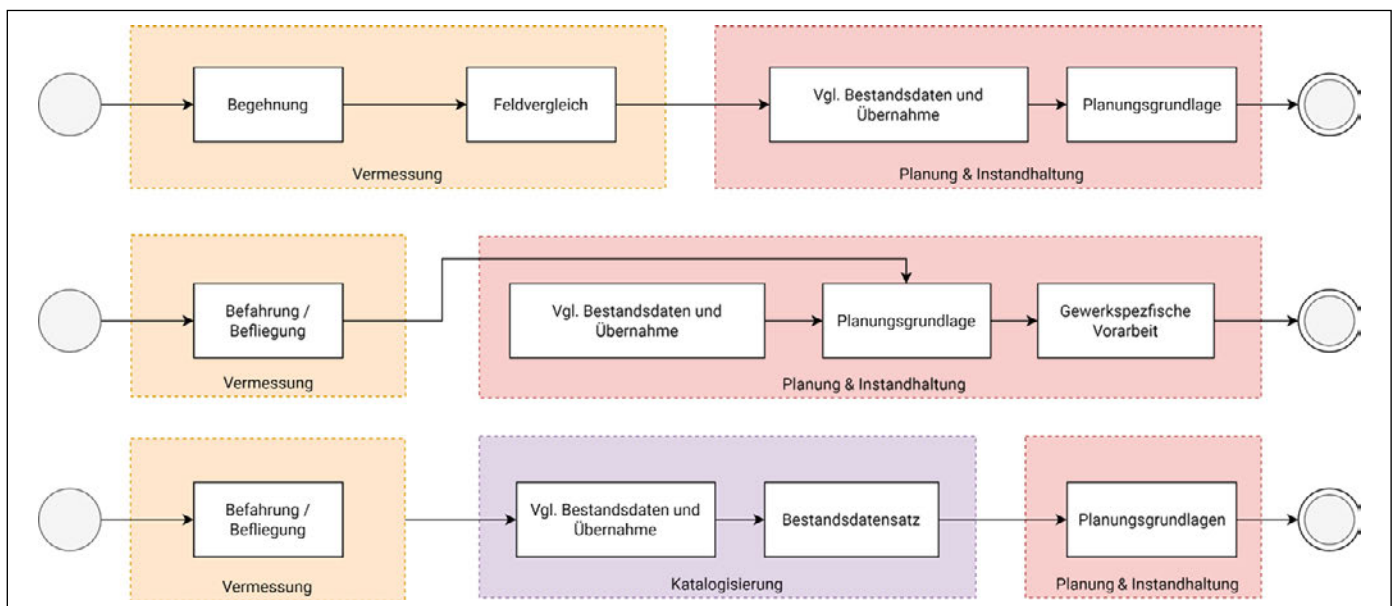


Abb. 1: Vergleich der verschiedenen Herangehensweisen: (oben) herkömmliche Aufgabenteilung; (Mitte) momentane Aufgabenteilung; (unten) neue Aufgabenteilung

lassen sich die Anforderungen in Form einer offenen Liste beschreiben:

1. Verschiedenste Gewerke sollen befähigt werden, für sie wichtige Informationen in maßgeschneiderten Datenauszügen bereitgestellt zu bekommen (z.B. in einem Asset Management System (AMS) [2].
2. Informationen müssen systemagnostisch, also in einer Form, in welcher die Interoperabilität gewährleistet ist, verfügbar sein.
3. Die Verknüpfung zusätzlicher, relevanter Informationen wie Nutzungsprognosen, Datenblätter etc. ist nötig und fehlt in herkömmlichen Plänen und Blattchnitten.
4. Genauigkeit und Qualität der Daten müssen den Anforderungen nachfolgender Prozesse genügen oder diese übertreffen.
5. Informationen müssen standardisiert und für Folgeprozesse nutzbar sein.
6. Daten müssen schnell und effizient bereitgestellt werden. Hierzu gehört auch die Transparenz bei Änderungen im Datenbestand, z.B. bei neuer Übergabe durch den Auftraggeber.
7. Informationen müssen vermessungstechnisch korrekt und in einer Tiefe, welche für die einzelnen Gewerke nötig ist, erhoben werden.

Diese Anforderungen beschreiben die digitale Katalogisierung und zeigen dabei eine Lücke auf, welche momentan in der Umsetzung von Maßnahmen klafft (Abb. 1). Entgegen einer bedarfsorientierten Erfassung ist mit der Einführung von LiDAR-Systemen die Diskretisierung oft nicht mehr Teil des Lieferumfangs. Während in der Vergangenheit die Reambulierung von Plansätzen durch Begehungen, dem sogenannten „Feldvergleich“, durchgeführt wurde, ist diese nun chronologisch nachgeschaltet und obliegt immer häufiger dem Fachgewerk [3]. Dadurch wurden zusätzliche Aufgaben auf die Gewerke übertragen, und in jedem Gewerk muss sowohl zusätzliche Expertise für die Reambulierung aufgebaut als auch ein erhöhter Aufwand einkalkuliert werden. Hinzu kommt, dass der Datenverursacher nicht mehr für das Ergebnis verantwortlich ist, was die Prüfung und Abnahme der Vermessungsdaten zeitlich vom Ergebnis trennt. Anforderungen, wie Genauigkeit und Qualität, sind dabei nur begrenzt von Ingenieuren beeinflussbar: Mehr Daten bedeuten nicht automatisch mehr Qualität.

In der Praxis bleiben daher viele existierende Grundlagen ungenutzt, und Ingenieure hangeln sich bei der Bestandsdatenanalyse von Aufgabe zu Aufgabe. Ein anschauliches Beispiel könnte eine Neutrassierung sein, bei der eine Punktwolke als Grundlage dient. Die teilweise nötige Auswertung von Zwangspunkten aus der Punktwolke bleibt lokal und wird nicht für andere Ingenieure nutzbar gemacht. Es fehlt die Verknüpfung, die den zuvor genannten Anforderungen gerecht wird.

Um die Last für die Gewerke zu reduzieren und einen echten Mehrwert zu erhalten, muss die

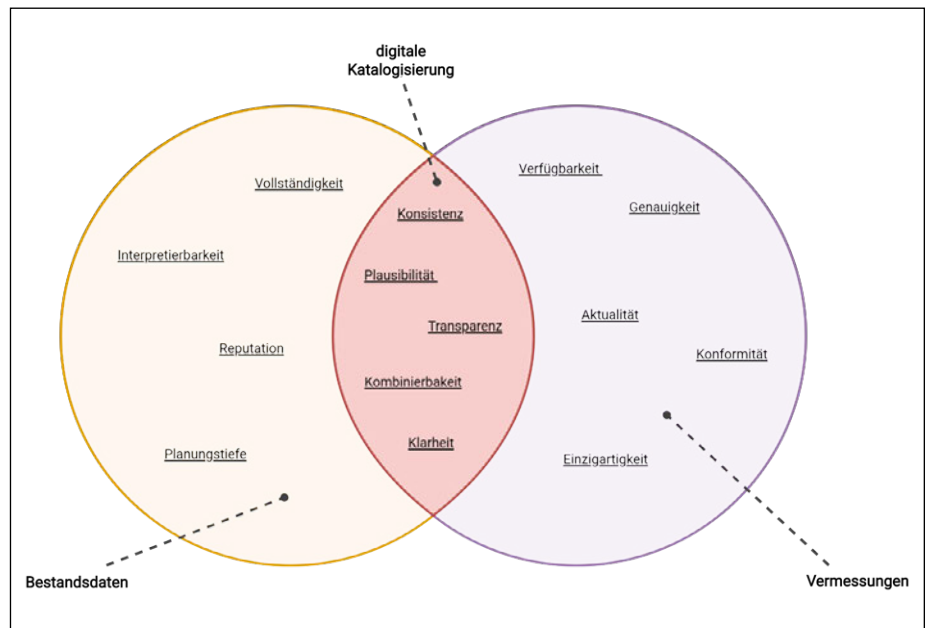


Abb. 2: Zusammenführung der Qualitätsdimensionen

Lücke zwischen Vermessung einerseits und Nutzbarkeit der Planungsgrundlagen andererseits geschlossen werden, d.h. Informationen müssen fachgerecht aufgenommen und katalogisiert werden. Dieses neue Bindeglied, wie in Abb. 1 unten dargestellt, erfordert Kompetenzen aus beiden Welten: der Vermessung und der Fachgewerke.

Mehrwert der digitalen Katalogisierung

Durch das Zusammenwachsen der beiden Fachbereiche „Vermessung“ und „Planung“ können Bestands- und Vermessungsdaten ganzheitlich betrachtet und eingeordnet werden. Jede Quelle birgt spezifische fachliche und inhaltliche Anforderungen, was die Komplexität einer einheitlichen Datenbasis erhöht. Konkrete Fallbeispiele für derart unterschiedliche Grundlagendaten umfassen Kampfmitteluntersuchungen, Leit- und Sicherungstechnik, Umweltdaten für die Umweltverträglichkeitsprüfung, Stadtmodelle und Landesdaten.

Der konkrete Mehrwert einer digitalen Katalogisierung liegt dabei in einer Erhöhung der Datenqualität. Sie ist entscheidend dafür, wann, wie und in welcher Phase auf die Planungsgrundlagen zurückgegriffen werden kann. Abb. 2 zeigt die essenziellen Dimensionen der projektbezogenen Datenqualität und deren wichtigste Einflussfaktoren.

Während neue flächendeckende Vermessungen („Aktualität“) direkt dem Projekt zur Verfügung stehen („Verfügbarkeit“), aus einer Hand stammen („Konformität“) und mit modernen Methoden („Genauigkeit“) aufgenommen wurden [4, 5], fehlt ihnen der nötige Tiefgang über die von außen messbaren Informationen hinaus („Vollständigkeit“). Darüber hinaus beinhalten klassische Planungsdaten oft ein tieferes Planungsziel („Planungstiefe“), welches hilft, früher adressierte Probleme zu verstehen.

Darüber hinaus sind die Ergebnisse oft von rechtlich relevanten Quellen („Reputation“) und entsprechen einem historisch gewachsenen Verständnis von Eisenbahn („Interpretierbarkeit“).

Neben den herkömmlichen Qualitätsdimensionen steigert eine Zusammenführung, wie die hier vorgestellte digitale Katalogisierung, den Wert durch die Verknüpfung der Informationen („Kombinierbarkeit“), das Ermöglichen einer einheitlichen Arbeitsweise („Konsistenz“), die Nachverfolgbarkeit von Änderungen bei neuen Datenlieferungen („Transparenz“) und die Durchführung einer ersten fachlichen Prüfung („Plausibilität“). Eine herausragende Stärke ist es, dass die Akzeptanz der Mitarbeiter in Bezug auf die Datenbasis verbessert wird. Ein Mitarbeiter muss wissen, wann und wo die entsprechenden Informationen zu finden sind („Klarheit“), denn nur so kann ein echter Mehrwert in den Projekten entstehen.

Wie kann systematische Katalogisierung die Datenqualität erhöhen?

Auch wenn die ganzheitliche Erfassung in der Praxis noch keine Anwendung findet, ergeben sich bereits jetzt Eckpfeiler, die bei der Anhebung der Datenqualität maßgeblich unterstützen.

Während einer einheitlichen Bestandsdatenerfassung treffen Inhomogenitäten und Inkonsistenzen der gegebenen und teilweise veralteten Bestandsdaten auf die neu erfassten Aufnahmen. Die Planbestände sind organisch gewachsen, basieren häufig auf veralteten Regelwerken und liegen in unterschiedlichen Formen vor. Die Hauptaufgabe besteht darin, ein einheitliches Format zu schaffen, um Lesbarkeit und Vergleichbarkeit sicherzustellen. Dieser Vorgang, Homogenisierung genannt, zielt darauf ab, alle Grundlagen in ein maschi-

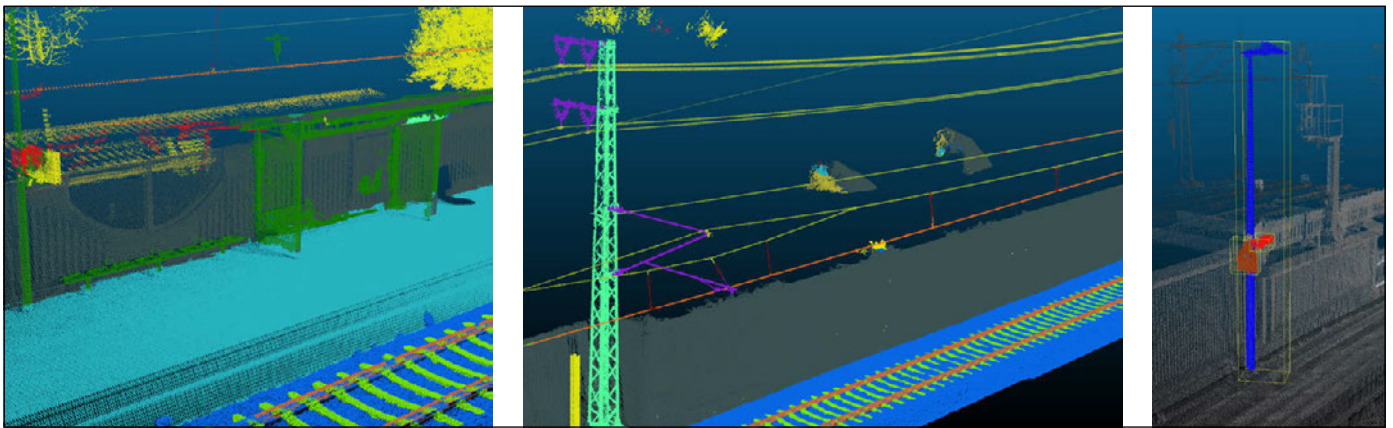


Abb. 3: (Links) KI segmentierte Punktwolke im Bahnhofsbereich; (Mitte) freigestellte Oberleitungsanlagen; (rechts) objektifizierter Beleuchtungsmast

neninterpretierbares Format zu überführen. Eingangsdaten stammen häufig aus Geodatenbanken wie AVANI, können aber auch in Form von Plänen in Formaten wie DWG, DXF oder als gescannte PDF vorliegen, die je nach Ausprägung aufwendig nachbearbeitet, also digitalisiert oder attribuiert werden müssen. Homogenisierte Daten bilden die Grundlage für Versionierung und Nachverfolgbarkeit. Regelbasierte Prüfungen und strenge Qualitätskontrollen gewährleisten Konformität und Interoperabilität. Der gesamte Prozess führt zum SOLL-Bestand und entspricht einer aufbereiteten, klassischen Datenlieferung.

Den Bestandsdaten stehen neu erfasste Aufnahmen mittels moderner Mobile Mapping Systeme (MMS) und gleisgebundener Geometriemesssysteme gegenüber. Die Aufnahmen erfolgen im Regelbetrieb und oft über große Aufnahmegebiete hinweg [6]. Durch die Oberflächenbeschreibung mittels Punktwolken kann und sollte zusätzliche Vermessungstiefe im Vergleich zur konventionellen Vermessung erlangt werden. Objekte lassen sich anhand von Bildern präziser zuordnen, und Kanten sowie Oberflächen können systematischer erfasst werden. Ein Referenzwert aus dem klassischen Aufmaß ist stark von der Streckenkomplexität abhängig und variiert von etwa 1000 bis 5000 Elementen pro Streckenkilometer.

Die zeitaufwendigen und überwiegend von Experten durchgeführten Auswerteschritte der Vermessungsdaten müssen weiterhin manuell durchgeführt werden. Auch in absehbarer Zeit werden Softwareprodukte, selbst wenn KI als

Teil der Lösung genutzt wird, die hohen Qualitätsstandards und die Vollständigkeit der digitalen Katalogisierung nicht vollständig erfüllen können, denn diese Erfassung ist eine Aufgabe, deren Komplexität nicht zu unterschätzen ist. Erste, maßgeschneiderte Lösungen bieten sogenannte „semiautomatische“ Werkzeugen, die unter dem Stichwort „Scan-to-BIM“ vermarktet werden. Obwohl diese Werkzeuge die Erfassung beschleunigen können, handelt es sich entgegen dem Wording um einen händischen Prozess, der von Fachpersonal durchgeführt werden muss. Das Ergebnis ist der IST-Zustand, er ist federführend für die Planung und die BIM-Koordination (Abb. 3).

Neu hinzu kommt der Schnittbereich der beiden grundlegend verschiedenen Quellen (Abb. 2). Konzeptuell gibt es hier drei verschiedene Herangehensweisen:

1. Ausgehend vom SOLL-Bestand wird der IST-Bestand analysiert. Dieser Ansatz wird von den meisten Marktteilnehmern bevorzugt und ist technisch leichter umsetzbar. Dabei werden Elemente im SOLL, dem existierenden Datensatz, gelesen, um dann direkt in den Vermessungsdaten nach entsprechenden Charakteristika zu suchen. Der Vorteil ist, dass keine vollständige Objektifizierung der Vermessungsdaten nötig ist. Der Nachteil liegt jedoch darin, dass Eigenschaften, die nicht in der Datenbank oder durch die ausgewählten Charakteristika beschrieben sind, nicht erfasst werden können.
2. Der IST-Bestand wird ausgewertet, und der Abgleich erfolgt auf Basis beider Datensätze. Dieser Prozess ist deutlich aufwendiger, er

möglicht jedoch einen echten Vergleich von SOLL- und IST-Daten sowie eine umfassende Konsolidierung der Datensätze aus Bestand und Vermessung.

3. Eine duale Betrachtung der Bestandsaufnahme zur Katalogisierung wird durchgeführt. Dem Abgleich von Objekten aus der Bestandsdatenbasis mit der Punktwolke wird der gleiche Stellenwert eingeräumt wie der Auswertung der Vermessungsdaten. Dabei wird die Kosteneffizienz aus (1.) mit der Effektivität und der hohen Datenqualität aus (2.) ausgewogen kombiniert.

Während der Projektlaufzeit ist es notwendig, dass mögliche Widersprüche frühzeitig erkannt, behoben und, falls erforderlich, einem Experten zur weiteren Qualitätskontrolle vorgelegt werden. Die Schritte der Qualitätskontrolle umfassen:

1. geometrische Validierung der Maße und Positionen der Objekte
2. Kollisionsprüfung zur Vermeidung doppelter Objekte und fehlerhafter Positionierungen
3. Prüfung der semantischen, d. h. inhaltlichen Konsistenz
4. Topologieprüfung zur Sicherstellung konsistenter Beziehungen zwischen den Objekten
5. allgemeine visuelle Inspektion zur Überprüfung der Plausibilität

Das letzte hier zu nennende Thema ist die Interoperabilität. Die Katalogisierung dient als Grundlage zur Ableitung verschiedener anwendungsbezogener Teildatensätze, die häufig zusammen mit Projektmitarbeitern ermittelt und bei Bedarf angepasst werden.

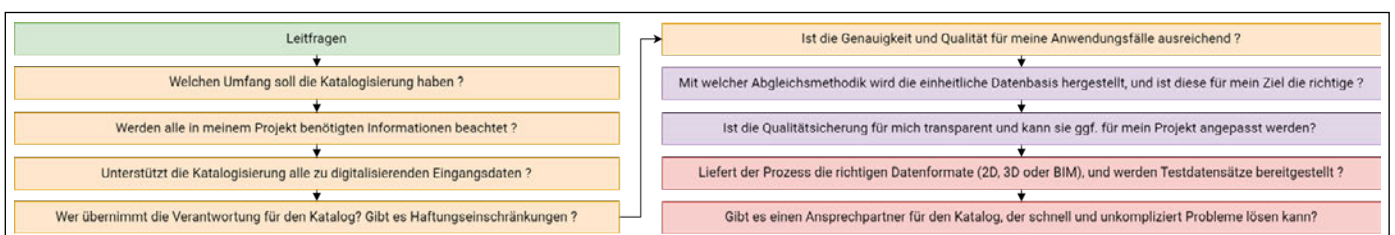


Abb. 4: Leitfragen der Katalogisierung

Beispiele für Teildatensätze sind aktualisierte IVL-Pläne, Bestandsdatenspezifikationen, Zwangspunkte und Querprofile. Die Teildatensätze müssen sowohl semantisch als auch geometrisch reduziert und auf den jeweiligen Anwendungsfall zugeschnitten werden. Dies gewährleistet die Interoperabilität mit verschiedenen Softwarelösungen sowie Gewerken und deren Richtlinien.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Umsetzung der Katalogisierung erfordert Wissen über den ganzheitlichen Planungsprozess und dessen Schnittstellen sowie die Fähigkeit zur Verarbeitung großer Datenbestände (Abb. 4). Während es in der Vergangenheit ausreichend war, einzelne Datenbestände, wie beispielsweise vektorisierte Pläne, manuell zu vereinheitlichen, sind nun Komplexität und Anforderungen hinsichtlich der Datenqualität so hoch wie nie zuvor. Diese Anforderung ist nicht geringer zu bewerten als die bei der BIM-Implementierung und erfordert spezifische Rollen mit ausgeprägter Fachexpertise im eigenen Haus oder einen Partner, der das entsprechende Know-how in das Infrastrukturprojekt einbringt. Essenziell dabei ist, dass die Anforderungen einzelner Gewerke, deren Koordination und der gesamte Planungsprozess verstanden wird.

Im Zentrum der digitalen Katalogisierung muss der Mehrwert für das Projekt stehen. Berücksichtigt werden sollten dabei, neben den monetären Aspekten, auch die Effizienz sowie die verbesserte Qualität und der daraus resultierende reibungslose Ablauf. Die Zunahme der Datenmenge und die erforderlichen Integrationen schreiten weiter voran. Sowohl die Einbindung von Bestandsdaten als auch die Validierung von Baumaßnahmen, insbesondere im Rahmen der BIM-As-Built-Dokumentation, gewinnen dadurch zunehmend an Bedeutung und sind entscheidend, um die komplexen Projekte der Zukunft erfolgreich zu bewältigen. ■

QUELLEN

- [1] McMahon, P.; Tieling, Z.; Richard, D.: Requirements for big data adoption for railway asset management, IEEE Access, pp. 15543–15564, 2020
- [2] Jovanovic, S.: Modern railway infrastructure asset management, 24th Southern African Transp. Conf.(SATC), 2005
- [3] Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Sc: RVS 06.01.11 Ziel- und Aufgabenbeschreibung, Wien, 2017
- [4] Leslar, M.; Perry, G.; McNease, K.: Using mobile lidar to survey a railway line for asset inventory. Proceedings of the ASPRS 2010 Annual Conference, San Diego, CA, USA., 2010
- [5] Soilán, M. et al.: Review of Laser Scanning Technologies and Their Applications for Road and Railway Infrastructure Monitoring, Infrastructures, 2019
- [6] Kückmann, M.; Bade, M.; Scharun, S.: Digitale Streckenplanung: Digitalisierte Planung, Bauausführung und Infrastrukturmanagement, Eisenbahntechnische Rundschau, vol. 72, 5/2023



Dipl.-Ing. (TUM) Felix Eickeler
 Fachbereichsleiter
 Digital Railway Infrastructure
 and Information Management
 Obermeyer Infrastruktur
 GmbH & Co. KG, München
 felix.eickeler@obermeyer-group.com



Dipl.-Ing. Andreas Schönfelder
 Vermessungsingenieur –
 Infrastructure Measurement Services
 Track Machines Connected
 Gesellschaft m.b.H., AT-Linz
 andreas.schoenfelder
 @tmconnected.com